

企 業 名 : 株式会社 ヤマト

研究代表者 : システム生体工学科
教授 王 鋒

研究テーマ : 「自然冷媒である CO₂ を使用し
た不凍液のアイスラリー

H27年度 開発結果報告書

開発の名称

自然冷媒である CO₂ を使用した不凍液のアイススラリー化(シャーベット化)技術の開発
-その3

1. スラリー製氷器用コイル巻における巻径誤差低減のための「コイル巻専用機械改良」と「コイル巻製作方法確立」

1-1 平成 25・26 年度の開発経過と平成 27 年度の開発概要

スラリー製氷器用コイル巻とは、直径φ12.7mm・厚さ0.8mm・長さ約140mのステンレス管をらせん状に加工したものである(写真1-1)。スラリー製氷器は、数種類の異なる巻径のコイル巻を重ねたもの(写真1-2)であり、スラリー製氷器で安定的に不凍液をスラリー化させるためにはコイル巻の巻径精度が重要な項目となる。

平成 25 年度事業においては、このコイル巻作成は「汎用」のコイル巻加工機械を用いて行った。「汎用」のコイル巻加工機械では、巻径精度向上に必要な部品を取り付けることができず、試行錯誤を繰り返しながら加工を行った。

平成 26 年度事業では、平成 25 年度事業で判明した巻径精度向上に必要な部品を組み込んだ装置開発を計画し、スラリー製氷器用コイル巻を加工するための「専用」機械(以降、「コイル巻専用機械」)を開発した。

なお、コイル巻専用機械の開発費用は、開発設計費を「平成 26 年度前橋市公募型共同研究費補助金事業」、機械本体購入費を経産省補助事業「平成 26 年度省エネルギー型代替フロン等排出削減技術実証支援事業」の適用を受けている。

平成 27 年度事業では、平成 26 年度事業を経て判明した以下の 2 点の課題の解決を目標としてコイル巻専用機械の改修や、コイル巻専用機械の作成設定条件の見直し等を実施した。

<平成 26 年度事業にて判明した課題と解説>

課題①「コイル巻全体において巻径誤差を±2.0mm以下とする」

課題①の解説：コイル巻の巻始めから巻終わりにおいて、高い頻度で巻径誤差±5.0mm以上になった。

課題②「コイル巻中間部分に唐突に生じる巻径誤差の発生を抑制する」

課題②の解説：コイル中間部分において直前の巻径に比べて突如巻径が2.0mm以上大きくなる、または小さくなるという現象が発生した。

1-2 コイル巻 巻径誤差低減の課題解決検討

平成 27 年度は「巻径誤差発生要因の把握」と「各要因の巻径誤差発生に関する影響度合いの整理」を目的とし、コイル巻作成に先立ち、平成 26 年度の結果を基に「巻径誤差に関する特性要因分析」を実施した。

更に、コイル巻専用機械の改修案とコイル巻専用機械の設定条件変更案等に関して、作成した特性要因図を用いて巻径誤差解決のための有効性を検討した。

1-3 コイル巻 作成結果

平成 26 年度のスラリー実験結果を踏まえ、4 種類の異なる巻径のコイル巻作成を試みた。

巻径誤差解決の有効性が高いと考えられる以下の対策を講じた結果、各巻径において目標とした巻径誤差 $\pm 2.0\text{mm}$ 以内のコイル巻作成に成功し、そのコイル巻を用いたスラリー製氷器を作成することができた。

- ・コイル巻専用機械のローラー追加、ローラー溝の形状変更等 の装置改修
- ・コイル巻速度等 の装置設定条件の見直し
- 等

2. 高精度コイル状冷却管(製品化)のスラリー製氷器を用いた運転制御技術の開発

2-1 平成 25・26 年度の開発経過と平成 27 年度の開発概要

これまでに実施した開発において、スラリー製氷器で安定的に不凍液をスラリー化させるためには、CO₂冷媒温度の制御が重要であることが分かった。電子膨張弁によって CO₂冷媒流量を変化させることで CO₂冷媒温度を制御するが、CO₂冷媒温度制御が可能な電子膨張弁コントローラーのベースについては平成 26 年度事業で開発を行った。

平成 26 年度事業では、外気温度条件によって電子膨張弁が制御する CO₂冷媒の「圧力」「相(高外気温度:気相、低外気温度:液相)」及び「流量」等が変化する特性を有した CO₂冷凍機(2014 年製 従来型 CO₂冷凍機^{※1})を使用し、その CO₂冷凍機に適応した電子膨張弁コントローラーを開発した。

但し、平成 26 年度事業で開発したスラリー製氷器のコイル巻は必要とする巻き精度(巻径誤差±2.0mm 以内)を満足しておらず、電子膨張弁コントローラーの制御性検証及び不凍液のスラリー化検証を十分に行うことができなかった。

一方、平成 27 年度事業においては、「2014 年製 従来型 CO₂冷凍機」から外気温度条件に依らず CO₂冷媒の「圧力」「相」が安定するように改良された「2015 年製 冷媒圧力制御型 CO₂冷凍機(改良型 CO₂冷凍機)^{※2}」を使用することとした。

※1 2014 年製 従来型 CO₂冷凍機

外気温度条件に依って電子膨張弁が制御する CO₂冷媒の「圧力」「相」が変化
圧力: 5.5~9.0MPa、相: 液相、液相+気相の混相、気相

※2 2015 年製 冷媒圧力制御型 CO₂冷凍機(改良型 CO₂冷凍機)

外気温度条件に依らず電子膨張弁が制御する CO₂冷媒の「圧力」「相」は安定
圧力: 5.5~6.5MPa、相: 液相(一定)

また、前項 1 のコイル巻においては、平成 26 年度よりも巻き精度を向上させることができ、目標とする巻き精度(巻径誤差±2.0mm 以内)を満足したコイル巻によるスラリー製氷器を作成することができた。その結果、平成 27 年度事業では、上述のスラリー製氷器及び平成 26 年度に開発した電子膨張弁コントローラーを用いて、「2015 年製 改良型 CO₂冷凍機」に対する電子膨張弁の制御性検証と不凍液のスラリー化検証を行った。

2-2 2015年製 改良型 CO2 冷凍機の運転に対する電子膨張弁制御の制御性検証

平成 26 年度に開発した電子膨張弁コントローラーを使用し、「2015 年製 改良型 CO2 冷凍機」に対する電子膨張弁の制御性を検証した。

その結果、電子膨張弁によって CO2 冷媒流量を変化させることで、CO2 冷媒温度を設定値 $\pm 0.4\text{K}$ の範囲で安定させることができた。

2-3 不凍液のスラリー化検証

2-2 で示したように「2015 年製 改良型 CO2 冷凍機」の運転に対し、平成 26 年度開発の電子膨張弁コントローラーによって CO2 冷媒温度が制御できることを確認できた。

そのため、平成 27 年度事業においては、電子膨張弁コントローラーの改良は行わずに不凍液のスラリー化検証を行うこととし、CO2 冷媒温度及びその他の運転パラメーターの検証を行った結果、写真 2-1、2-2 で示すように不凍液をスラリー化することができた。

3. 今後の課題

平成 25～27 年度事業において、CO2 を使用した不凍液のアイススラリー化技術に関する基本的な事項を把握することができた。今後は不凍液のアイススラリー化技術を適用した冷却システムの事業化を目的として、冷却システム全体を構築し検証を行う必要があると考える。

